

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИИ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

FEASIBILITY OF USE OF COGENERATION IN BOILER INSTALLATIONS

Саушкин А.Ю., Лебедева Е.А.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Нижний Новгород
allwess@yandex.ru

Saushkin A. Yu., Lebedeva E. A.

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering,
Nizhny Novgorod

Аннотация: В статье изложен способ применения когенерационной технологии на базе котельной установки. Также проанализирована работа паровой противодавленческой турбины. Рассчитана экономическая эффективность внедрения паровой турбины. Полученные данные доказывают целесообразность использования когенерации для автономного электроснабжения котельной.

Abstract: The article describes an arrangement of co-generation technologies based on boiler installation. This paper analyses the operation of back-pressure steam turbine. Economical efficiency of the steam turbine using was calculated. The obtained data proves the feasibility of using cogeneration.

Ключевые слова: когенерация, паровая турбина, котельная.

Key words: cogeneration, steam turbine, boiler plant.

Энергопотребление в России с каждым годом увеличивается, при этом действующие энергетические мощности устаревают, что приводит к перебоям в поставках тепловой и электрической энергии особенно опасно в условиях холодного климата. В России около 11 млн кв. км занимает область распространения вечной мерзлоты. Это составляет практически 65 % всей территории страны. Энергетическая стратегия РФ предполагает увеличение производства энергии и рационализацию использования имеющихся энергосистем [1]. В виду дороговизны строительства новых ТЭС логично модернизировать котельные установки, используя когенерационные технологии.

Осуществление подобной технологии в котельной возможно за счет внедрения паровой противогазоперационной турбины параллельно редукционно-охладительной установке (рисунок). При этом паровая турбина может производить как механическую, так и электрическую энергию [2].

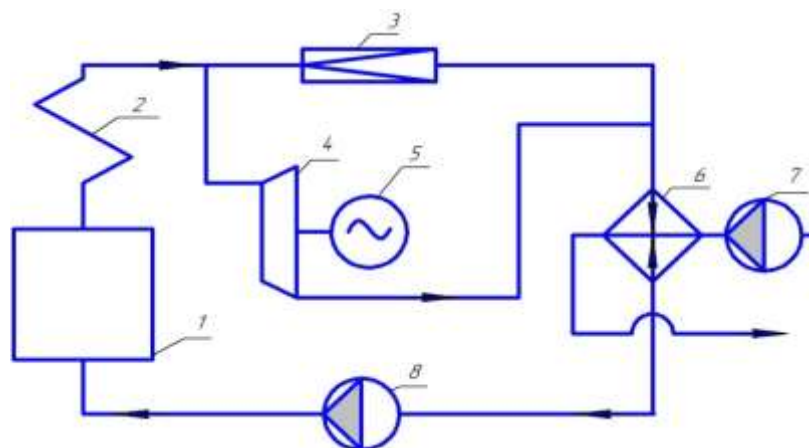


Схема установки паровой турбины

1 – паровой котел, 2 – пароперегреватель, 3 – РОУ, 4 – паровая турбина,
5 – электрогенератор, 6 – сетевой теплообменник, 7 – сетевой насос,
8 – питательный насос.

Исследование проводилось применительно к паровой котельной установке с котлами ДЕ-25-14-225-ГМ. Основным энергопотребляющим оборудованием являются электродвигатели различных насосов и нагнетателей. В целях покрытия нужд котельной в электричестве предложена паровая противогазоперационная турбина ТГ-1,25/А0,4р (характеристики приведены в таблице).

Характеристики турбоагрегата ТГ 1,25А/0,4 Р13/2,5

Наименование величины	Ед. изм.	Численное выражение	Примечания
Мощность	кВт	1250	
Давление пара:			
До турбины	кПа	1100–1400	
После турбины	кПа	150–300	
Номинальный расход пара	т/ч	22–25	
Генератор	шт.	1	DSG-74LI-4W

Расчет полезного эффекта турбины начинается с определения возможных потерь от утечек H_Y , трения диска в вязкой среде и вентиляции H_{TB} , выколачивания на краях сопловых сегментов H_{BK} , от влажности пара $H_{ВЛ}$ [3]. Для турбин, имеющих малую степень реактивности и парциальный подвод пара, отдельный учет потерь H_Y , H_{TB} и H_{BK} затруднителен. Поэтому при расчете ограничиваются определением $H_{TB} + H_{BK}$, полагая, что потери на утечку частично уже учтены при выборе скорости, а частично вошли в величины H_{TB} и H_{BK} .

$$H = N_{TB} \cdot G, \quad (1)$$

$$N_{TB} = \lambda \cdot (A \cdot d^2 + B \cdot (1 - \varepsilon - 0.5) \cdot d \cdot (l^{1.5})) \cdot (u/100)^3 / v, \quad (2)$$

где N_{TB} – потери мощности на трение и вентиляцию, G – предполагаемый расход пара, коэффициенты $A=1,0$; $B=0,4$; $\lambda=1,0$ (для перегретого пара) и $\lambda=1,2–1,3$ (для насыщенного пара); ε – степень парциальности; d – средний диаметр ступени, м; l – выходные длины рабочих лопаток, см; u – окружная скорость, м/с; v_1 – средний удельный объем пара в камере диска, м³/кг, ε_k – доля окружности рабочего колеса, на которой установлены прикрывающие гребни.

$$H_{BK} = \xi \cdot H_0 \quad (3)$$

$$\xi = 0.11 - ((b - l) \cdot \eta \cdot m(u/c) / F), \quad (4)$$

где H_0 – располагаемый теплоперепад в турбине, b – ширина рабочих лопаток, см; F – площадь выходного сечения сопел,

$$F = (G \cdot v / c) \cdot 10^4, \quad (5)$$

m – число групп сопел (регулирующих клапанов), принимают $m=3–5$.

$$H_{\text{ВЛ}} = 0.85 \cdot H_0 \cdot (1 - x), \quad (6)$$

где x – степень сухости пара на выходе из сопловой решетки.

Относительный внутренний КПД двухвенечной ступени

$$\eta_{0i}^{\text{ст}} = \eta_{0i} - ((H_{\text{ТВ}} + H_{\text{ВК}} + H_{\text{ВЛ}}) / H_0). \quad (7)$$

Внутренний теплоперепад ступени

$$H_i = H_0 \cdot \eta_{0i}. \quad (8)$$

Проведя вариантыные расчеты ступени, отличающиеся величиной отношения $u/c_{\text{из}}$, и получив для этих вариантов значения $\eta_{0i}^{\text{ст}}$, определен оптимальный вариант $u/c_{\text{с}}$ максимальным $\eta_{0i}^{\text{ст}}$. Далее уточнен расход пара:

$$G = N / (H_i \cdot \eta_{0i}), \quad (9)$$

$$G = 1250 / (187 \cdot 0,98) = 6,69 \text{ кг/с} = 24,10 \text{ т/ч}.$$

Расчет срока окупаемости внедрения турбоагрегата малой мощности проводился по укрупненным параметрам. Сумма капиталовложений составила 88 млн руб.

$$T_{\text{ОК}} = K / (\dot{E}_{\text{эл}} \times C_{\text{эл}}), \quad (10)$$

где $T_{\text{ОК}}$ – срок окупаемости, K – капиталовложения, $\dot{E}_{\text{эл}}$ и $C_{\text{эл}}$ – соответственно планируемая выработка электроэнергии и ее стоимость в электросети.

Технико-экономический расчет показал, что срок окупаемости данной турбины не превысит 2 лет, следовательно, установка данной турбины в данной котельной представляется возможной, и является доказательством целесообразности внедрения когенерационных технологий в российской промышленности.

Список использованных источников

1. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...».
2. Повышение энергоэффективности и надежности ТЭЦ ООО «Нижегородсахар» / Е. А. Лебедева, С. А. Гудков // Великие реки-2013: материалы 15-го международного научно-промышленного форума. Нижний Новгород, 2014. С. 40–44.
3. Тепловой расчёт паровых турбин: учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию / И. Я. Шестаченко; Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск : ЮРГТУ, 2007. 79 с.